Agamennone, Giovanni.
I terremoti nell' isola di Labuan (Borneo) del 21 settembre 1897.

RENDICONTI DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI
Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali
Comunicazioni pervenute all'Accademia prima del 18 settembre 1898.
Estratto dal vol. VII, 2° sem., serie 5ª, fasc. 6°.

I TERREMOTI

NELL'ISOLA DI LABUAN (BORNEO) DEL 21 SETTEMBRE 1897

NOTA

DI

G. AGAMENNONE

ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI
PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI
1898

Fisica terrestre. — *I terremoti nell' isola di Labuan (Borneo) del 21 settembre 1897.* Nota di G. AGAMENNONE, presentata dal Socio TACCHINI.

Intorno alle $20^h \frac{1}{4}$ del 20 ed alle $6^h \frac{1}{4}$ (t. m. E. C.) del 21 settembre, i più delicati strumenti di alcuni Osservatorî italiani ed anche esteri cominciarono ad essere agitati a causa di lontana commozione sismica, e la perturbazione fu di lunghissima durata.

Si seppe più tardi che circa le stesse ore fu perturbato lievemente anche il magnetografo di Batavia nell' isola di Giava (1). Essendosi subito scritto dall' Ufficio Centr. di Met. e Geod. di Roma all' Osservatorio magnetico e meteorologico di Batavia, si ebbero i particolari delle indicazioni fornite da quelli strumenti magnetici a registrazione fotografica e si apprese che le perturbazioni in parola erano probabilmente dovute alla comparsa d' una nuova isola vulcanica presso Labuan sulla costa NW di Borneo. La prima perturbazione, durata circa 20 minuti, cominciò alle $2^h 24^m$ ant. (t. m. civile) del 21 settembre sul fotogramma della forza magnetica orizzontale e si manifestò anche più sensibilmente sul fotogramma dell' elettrometro

(1) Giornale inglese *Nature*, n. 1473, 20 genn. 1898, pag. 272-273.

destinato allo studio dell'elettricità atmosferica. La seconda perturbazione, ben più pronunciata della precedente e della durata ugualmente d'una ventina di minuti, ebbe principio a $0^h30^m,25$ pom. (t. m. civile) dello stesso giorno 21, e questa volta influenzò anche il declinometro e l'apparecchio per la variazione della forza magnetica verticale. Il chiarissimo direttore dell'Osservatorio di Batavia, il quale ha gentilmente comunicate queste notizie, aggiunge che entrambe le perturbazioni hanno il carattere d'essere puramente meccaniche e non magnetiche e che in corrispondenza delle medesime non solo non si avvertì alcuna scossa di terremoto nè in Batavia, nè altrove, ma non funzionò affatto il sismografo Ewing-Milne.

Più tardi ancora, si è saputo che in corrispondenza della seconda delle anzidette due perturbazioni, entrò in lieve movimento anche il bifilare magnetico di Bombay e precisamente a 10^h40^m ant. (probabilmente t. m. locale) del 21 (1).

In quanto alle particolarità relative alle indicazioni fornite in questa circostanza dagli strumenti italiani ed esteri, rimando al Boll. della Soc. Sism. Ital., vol. IV, 1898, dove si trovano pubblicate le notizie sismiche relative al 2° semestre 1897. Io mi limito qui a prendere in considerazione i dati orarî ottenuti nei varî Osservatorî, per cercare di formarci un'idea della propagazione delle onde sismiche dall'epicentro fino alla lontana Europa.

Come sopra si è visto, non si hanno indicazioni esatte sulla posizione dell'epicentro delle due scosse di terremoto, che furono causa delle perturbazioni registrate dagli strumenti di Batavia, di Bombay e d'Europa. È tuttavia probabile che entrambe le scosse abbiano avuto lo stesso epicentro e che questo non si trovi troppo discosto dall'isola di Labuan, le cui coordinate geografiche sono in cifra tonda:

$$\text{lat. } 5^\circ \tfrac{1}{3}\text{ N; long. } 115^\circ \tfrac{1}{5}\text{ E Greenw.}$$

Contando dunque le distanze delle varie località dall'isola di Labuan, ritenuta prossima all'epicentro, e riducendo tutte le ore al tempo medio dell'Europa centrale (2), cominciamo col formare il seguente prospetto, dove tra gli altri dati si trovano calcolate le velocità medie e superficiali di propagazione delle onde sismiche, ottenute direttamente dal confronto dei dati orarî delle varie località, relativi al principio della perturbazione, con quelli di Batavia.

(1) Giornale inglese *Nature*, n. 1494, 16 giugno 1898, pag. 157.

(2) Per la riduzione delle ore di Batavia e Bombay si è partiti dal meridiano dei segnali del tempo di dette città, il quale dista di circa $7^h7^m\,{}^1/_2$ da quello di Greenwich per Batavia e di $4^h51^m\,{}^1/_2$ circa per Bombay.

Distanze dall'Isola di Labuan	Località	Scossa del 20 settembre			Scossa del 21 settembre			Strumenti adoperati
		Principio della perturbazione (t. m. E. C.)	Velocità al secondo	Durata della perturb.	Principio della perturbazione (t. m. E. C.)	Velocità al secondo	Durata della perturb.	
Km.		h m	Km.	ore	h m	Km.	ore	
1580	Batavia	20 16,5	—	—	6 22,75	—	—	magnetografo
4830	Bombay	—	—	—	» 48,6	2,10	$\frac{1}{4}$	»
9050	Nicolaiew	» 23,5	17,71	4	» 27,0	29,29	>1	pendolo orizzontale fotografico
10350	Potsdam	» 26,0	15,38	2	circa » 30,0	20,16	3	»
10530	Catania	» 25,1	17,35	$2\frac{1}{4}$	» 29,5	22,10	$1\frac{1}{2}$	sismometografo (m. 25, kg. 3.0)
10560	Ischia	» 21.9	27,71	$2\frac{1}{2}$	» 28,2	27,46	$1\frac{3}{4}$	pendolo orizzontale a registrazione meccanica
10630	R. di Papa	» 25,0	17,75	$2\frac{1}{2}$	» 32,1	16,13	$1\frac{1}{2}$	sismom. (m. 15, kg. 250) e pend. oriz. a registr. mecc.
10650	Roma	» 21,9	27,99	$2\frac{1}{2}$	» 29,7	21,75	$>1\frac{1}{4}$	sismometografo (m. 16, kg. 200)
11200	Edimburgo	» 56,0	4,06	$\frac{1}{2}$	7. 7,5	35,8	$\frac{1}{2}$	pendolo bifilare fotograf.
11430	Shide	» 24,8	19,78	3	6.28,85	26,91	3	pendolo orizz. fotografico

Ad eccezione delle velocità relativamente lievi che vengono fuori per Bombay ed Edimburgo, e su cui ritorneremo in appresso, giustamente si rimane colpiti dinanzi gli altissimi valori che si ottengono per le altre località, valori che si spingono fin circa ai 30 km. al secondo per l' una e l' altra delle due scosse considerate. Questo risultato è, come si vede, talmente diverso da quello che si trovò pel terremoto dell' India del 12 giugno precedente (1), che ha bisogno d' essere un po' discusso.

Si potrebbe anzitutto ricercare la differenza in parola nella maggiore distanza che hanno dovuta questa volta superare le onde sismiche per propagarsi da Borneo fino in Europa. Questa circostanza sarebbe, in vero, da prendersi in conto, nell' ipotesi che le onde sismiche le più veloci — quelle precisamente da noi qui considerate e che probabilmente sono le longitudinali contemplate nella teoria dei corpi elastici indefiniti — siansi realmente propagate lungo le corde invece che lungo i circoli massimi. Nel nostro caso, la differenza tra la corda ed il circolo massimo, per ogni località europea, è abbastanza sensibile. Così, per Shide che è appunto la località più lontana, mentre la lunghezza dell' arco del circolo massimo, che la riunisce all' isola di Labuan, è di circa 11430 km., la lunghezza della corda è soltanto di 9960 km., e si ha così una differenza in meno di 1470 km. che è quasi

(1) G. Agamennone, *Il terremoto dell' India del 12 giugno 1897 registrato in Europa*. Rend. della R. Acc. dei Lincei, serie 5ª, vol. VII, p. 265, 1° sem. 1898. — Id. *Eco in Europa del terremoto indiano del 12 giugno 1897.* Boll. della Soc. Sism. Ital., vol. IV, 1898, pag. 41.

l' 8ª parte della lunghezza dell' arco [1]. Perciò la velocità delle onde sismiche, supposte aver percorsa la corda, diminuirebbe appunto di $\frac{1}{8}$ divenendo di soli circa 17 km., invece d'una ventina, per la 1ª scossa e di soli 23 $\frac{1}{2}$ circa, invece di 27, per la 2ª scossa.

Ma un' altra causa, ben altrimenti importante, potrebbe aver agito nell' accrescere apparentemente la velocità delle onde sismiche in questione, ed è che le ore di Batavia sono troppo alte, per riferirsi le medesime ad una fase già inoltrata del movimento. Ciò è tutt' altro che impossibile, anzi è assai probabile, se si abbiano presenti molti altri casi consimili che si sono verificati in occasione de' passati terremoti, sovratutto quando si tratti di strumenti magnetici la cui sensibilità è, in generale, assai minore in confronto degli appositi strumenti sismici adoperati in Italia e dei delicati pendoli orizzontali a registrazione fotografica in funzione in alcuni Osservatorî d' Europa. Una conferma di quanto si asserisce potrebbe essere anche il fatto che la velocità, ricavatasi per Bombay, è di gran lunga minore di quella ottenuta per le località europee, appunto perchè gli stessi strumenti magnetici di Bombay non sarebbero stati perturbati che al sopraggiungere di una fase assai inoltrata del movimento, quando cioè le onde sismiche erano già abbastanza intense; mentre il magnetografo di Batavia, per ritrovarsi assai più vicino all' epicentro, avrebbe potuto agitarsi ad una fase anteriore del movimento, in guisa che il principio della perturbazione nelle due località sarebbe avvenuto a due fasi abbastanza diverse del moto e perciò all'arrivo di onde sismiche dotate di velocità diversa [2]. Oltre a ciò, se si volesse, invece di Batavia, assumere come termine di confronto Bombay, per il calcolo della velocità del movimento fino in Europa, relativo alla 2ª scossa, si otterrebbero velocità negative per tutti gli Osservatorî europei, eccettuato quello d' Edimburgo e ciò per ragioni che diremo tra poco.

Se si ammettesse, per le ragioni esposte, che i dati orarî di Batavia, presi come punto di partenza per il calcolo della velocità di entrambe le scosse, fossero troppo elevati soltanto di 5 minuti, si vedrebbe d' un subito ridursi a un valore quasi metà la velocità d' una trentina di chilometri che da principio è stata trovata per molti Osservatorî.

Dalle considerazioni precedenti si vede dunque che la velocità inverosimile dai 15 ai 30 chilometri, che è stata sopra trovata per le località europee, è assai probabile che sia molto lontana dal vero. Tenuto poi anche

[1] Nell' ipotesi che queste onde sismiche siansi realmente propagate lungo la corda, esse sarebbero passate alla massima distanza di circa 2400 km. dalla superficie terrestre, ciò che costituisce circa i $^{3}/_{8}$ del raggio del globo.

[2] Anche per il terremoto dell' India, sopra indicato, si hanno serie ragioni per credere che il magnetografo di Bombay non sia stato perturbato che al sopraggiungere di una fase già inoltrata del movimento, in modo che ponendo a riscontro l' ora di questa località con i dati orarî d' Europa si ottennero appunto velocità troppo grandi.

conto dell'incertezza nella posizione dell'epicentro, non è impossibile che per le due scosse in questione la velocità effettiva delle onde sismiche le più veloci, si avvicini, fatte le debite correzioni sopra indicate, ad una diecina di chilometri al secondo, valore appunto già trovato pel terremoto indiano del 12 giugno 1897 (1).

Le onde più celeri, di cui abbiamo fin qui parlato per ambo le scosse, si sono manifestate negli strumenti italiani — i soli dove tale ricerca possa farsi — sotto forma di ondulazioni che presentano generalmente lo stesso periodo oscillatorio strumentale; indizio questo che gli attuali strumenti mal si prestano ancora a fornire questo elemento, sopratutto a causa dell'insufficiente velocità di svolgimento della carta (2). Solo si sa che le ondulazioni registrate dal grande sismometrografo di Catania presentano un periodo semplice di circa 3ˢ al principio della perturbazione, mentre il periodo oscillatorio del pendolo è di 5, e che per la 2ª scossa le ondulazioni sono stimate d'un periodo di circa 2ˢ per Rocca di Papa e piuttosto rapide per Ischia.

Dopo, sottentrano svariate fasi della perturbazione registrata ne' diversi Osservatorî e sarebbe invero assai difficile il potervisi raccapezzare. Questa difficoltà è però minore quando si tratta della parte dei diagrammi dove le ondulazioni si fanno assai più lente, specialmente quando si prenda di mira la fase massima, cioè l'arrrivo delle più ampie ondulazioni del suolo. Nei seguenti prospetti si trovano riuniti alcuni dati orarî che valgono a dare un'idea della velocità di dette ondulazioni per entrambe le scosse.

(1) Con questo non voglio dire che la velocità debba essere assolutamente la stessa per i varî terremoti; poichè per il solo fatto che le onde sismiche abbiano percorsa una corda più o meno lunga, e perciò propagatesi più o meno addentro nelle viscere del globo terrestre, ne potrebbe derivare una differenza anche rimarchevole nella velocità.

(2) Questa lacuna non è a lamentare negli strumenti di Roma, forniti del mio *registratore a doppia velocità*; ma per le scosse, di cui ci occupiamo, questo meccanismo non potè disgraziatamente funzionare, a causa della poca entità del movimento sismico.

Scossa Prima.

Località	Periodo oscillatorio semplice	Ore delle varie fasi	Velocità al minuto secondo in Km.			
	s	h m				
Catania	9	20.42 princ.	5,8	...	...	...
	più lente	20 55	...	3,9	...	...
	11½	21. 9	...	...	2,8	...
Ischia	7½	20.46	5,1	...	...	...
	8½	20.51	4,3	...	...	...
	20	20.59 princ.	...	3,5	...	...
	8½	21.10-35 mass.	...	...	2,8	...
Rocca di Papa	9 s	20.40 princ.	6,5	...	...	...
		20.46 mass.	5,1	...	...	...
		21.2½-7½ »	...	3,3-3,0	...	...
		21.12½-14½ »	...	...	2,7-2,6	...
		21.28 »	...	...	...	2,1
Roma	lente	21. 0 princ.	...	3,5	...	...
	»	21.12,3 mass.	...	...	2,7	...
	11,7	21.17-19 »	...	...	2,5-2,4	...
	9,2	21.21-23½ »	...	...	...	2,3-2,2
	7,8	21.26 decr.	...	...	...	2,2
Shide	...	21.4,8 fine dei tremiti	...	3,4	...	...

Scossa Seconda.

Località	Periodo oscillatorio semplice	Ore delle varie fasi	Velocità al minuto secondo in Km.			
Catania	17	7.4-11	...	3,6-3,1	...	...
	10½-11	7.16,4	...	...	2,8	...
	9	—	...	...	...	...
	7	—	...	...	...	...
Ischia	20	7.3 princ.	...	3,7	...	...
	8½-12	7.10-15	...	...	3,1-2,9	...
	6½-7	7.20-25	...	...	...	2,6-2,4
Rocca di Papa	7	6.46-48	6,5-6,0	...	...	...
	19	6.54½-57	4,8-4,4	...	...	...
	19	7.9½-10½	...	3,2-3,1	...	...
	19	7.14½-16	...	...	2,9-2,8	...
	7	7.22,25½	...	...	...	2,6-2,4
Roma	20	7.3-6	...	3,8-3,5	...	...
	10	7.10	...	...	3,2	...
	7½	7.20-25	...	...	...	2,6-2,4
Shide	...	7.11,85 fine dei tremiti	...	3,34	...	...

Qui si vede come le prime ondulazioni del suolo, a periodo più o meno lento apparse negli strumenti, si sono propagate con velocità di km. 4½-6½; quelle alquanto più pronunciate con velocità di km. 3-4½; quelle costituenti la fase massima con velocità di km. 2½-3; e finalmente quelle, che già sono in decrescenza, con una velocità inferiore a km. 2½ (1). Se ci riportiamo ora alla 1ª tabella, dove si trovano le velocità delle prime onde sismiche rivelate dagli strumenti, è logico il doverne concludere: in primo luogo che per entrambe le scosse il pendolo bifilare d'Edimburgo non è stato perturbato che al sopraggiungere delle ondulazioni del suolo a lento periodo e già alquanto pronunciate, quelle precisamente che fecero disparire la curva del pendolo orizzontale di Potsdam; in secondo luogo che il magnetografo di Bombay non ha risentito l'effetto, in occasione della sola 2ª scossa, la più intensa, che delle ondulazioni più ampie a lento periodo (2). Questa conclusione, d'altronde abbastanza logica, serve a confermare l'ipotesi da noi sopra emessa, che cioè anche il magnetografo di Batavia non deve essere stato perturbato che ad una fase già abbastanza inoltrata del movimento sismico, ciò che serve appunto a spiegare le inverosimili velocità che si trovano consegnate nella 1ª tabella.

È da notare che la velocità di km. 2½-3, relativa alle più ampie ondulazioni del suolo a lento periodo, s'accorda bene con quella di circa km. 2,7, già calcolata pel terremoto dell'India del 12 giugno 1897.

In quanto al periodo oscillatorio di dette ondulazioni, la misura non ne è abbastanza sicura, per potervisi fondare per un calcolo del sollevamento ed abbassamento periodico del suolo, prodottosi al loro passaggio; ma a giudicare dall'ampiezza dei tracciati ottenuti con i varî strumenti, è lecito concludere che l'entità di siffatto sollevamento ed abbassamento dev'essere stata assai minore di mezzo metro, valore che per appunto si riscontrò pel terremoto indiano.

Come si è visto, la conoscenza esatta della fase del movimento, corrispondente ai varî tratti dei diagrammi, ottenuti nelle differenti località, ha una capitale importanza nelle ricerche sulla velocità delle onde sismiche ed in altre non meno interessanti che vi si riattaccano. Da qui si vede quanto sarebbe necessario poter disporre, nelle varie località, di strumenti identici

(1) Dinanzi a tanta varietà di valori per la velocità delle ondulazioni in parola, parmi che l'imbarazzo della scelta dev'essere tutt'altro che lieve, per il calcolo della distanza dell'epicentro da un dato luogo d'osservazione, nell'ipotesi che realmente la provenienza del terremoto sia del tutto sconosciuta.

(2) Se questa conclusione è giusta, sarebbe in certo qual modo spiegato, come i magnetografi d'Europa, tante volte più distanti dall'epicentro, non abbiamo nulla indicato, all'eccezione di quello d'Utrecht, senza dubbio sensibilissimo, il quale fu perturbato soltanto alla 2ª scossa ed in corrispondenza al passaggio delle più ampie ondulazioni del suolo.

e posti, per quanto è possibile, in condizioni d'uguale sensibilità [1], le cui indicazioni sarebbero tra loro più facilmente comparabili e servirebbero a meraviglia per seguire la trasformazione che vanno man mano subendo colla distanza le diverse fasi del movimento.

Le incertezze dei risultati che provengono dalla confusione che si fa tra le varie specie d'onde sismiche, dotate di diversa velocità, sono oggi ben più considerevoli di quelle che provengono da una non rigorosa determinazione delle ore, quando trattasi di terremoti provenienti da enormi distanze.

[1] Su ciò ho già insistito nella mia Nota precedente: *Influenza della diversa qualità e sensibilità degli strumenti sulla misura della velocità delle onde sismiche.* Boll. della Soc. Sism. Ital., vol. II, 1896, pag. 203.